Gabarito da p3 do segundo semestre de 2004

1ª Questão:

$$\text{tubo de } 3'' \rightarrow D_{int} = 77{,}9\text{mm e } A = 47{,}7\text{cm}^2$$

$$\text{tubo de } 2{,}5'' \rightarrow D_{int} = 62{,}7\text{mm e } A = 30{,}9\text{cm}^2$$

$$Re = \frac{v \times D_H}{\nu}$$

$$\therefore Re_{3''} = \frac{\left(\frac{40/3600}{47{,}7 \times 10^{-4}}\right) \times 77{,}9 \times 10^{-3}}{0{,}75 \times 10^{-6}} \cong 2{,}4 \times 10^5$$

$$\frac{D_{H_{3''}}}{K} = \frac{77{,}9 \times 10^{-3}}{0{,}000048} \cong 1700 \rightarrow f_{lido_{Rouse}} \cong 0{,}019$$

Na tabela foi fornecido o valor para a vazão de 40 m³/h de 0,019105, portanto considero certo este valor até aqui.

$$Re = \frac{v \times D_H}{\nu}$$

$$\therefore Re_{2{,}5''} = \frac{\left(\frac{40/3600}{30{,}9 \times 10^{-4}}\right) \times 62{,}7 \times 10^{-3}}{0{,}75 \times 10^{-6}} \cong 3 \times 10^5$$

$$\frac{D_{H_{2{,}5''}}}{K} = \frac{62{,}7 \times 10^{-3}}{0{,}000048} \cong 1300 \rightarrow f_{lido_{Rouse}} \cong 0{,}0195$$

Na tabela foi fornecido o valor para a vazão de 40 m³/h de 0,019565, portanto continuo considerando certo as informações fornecidas pelo engenheiro.

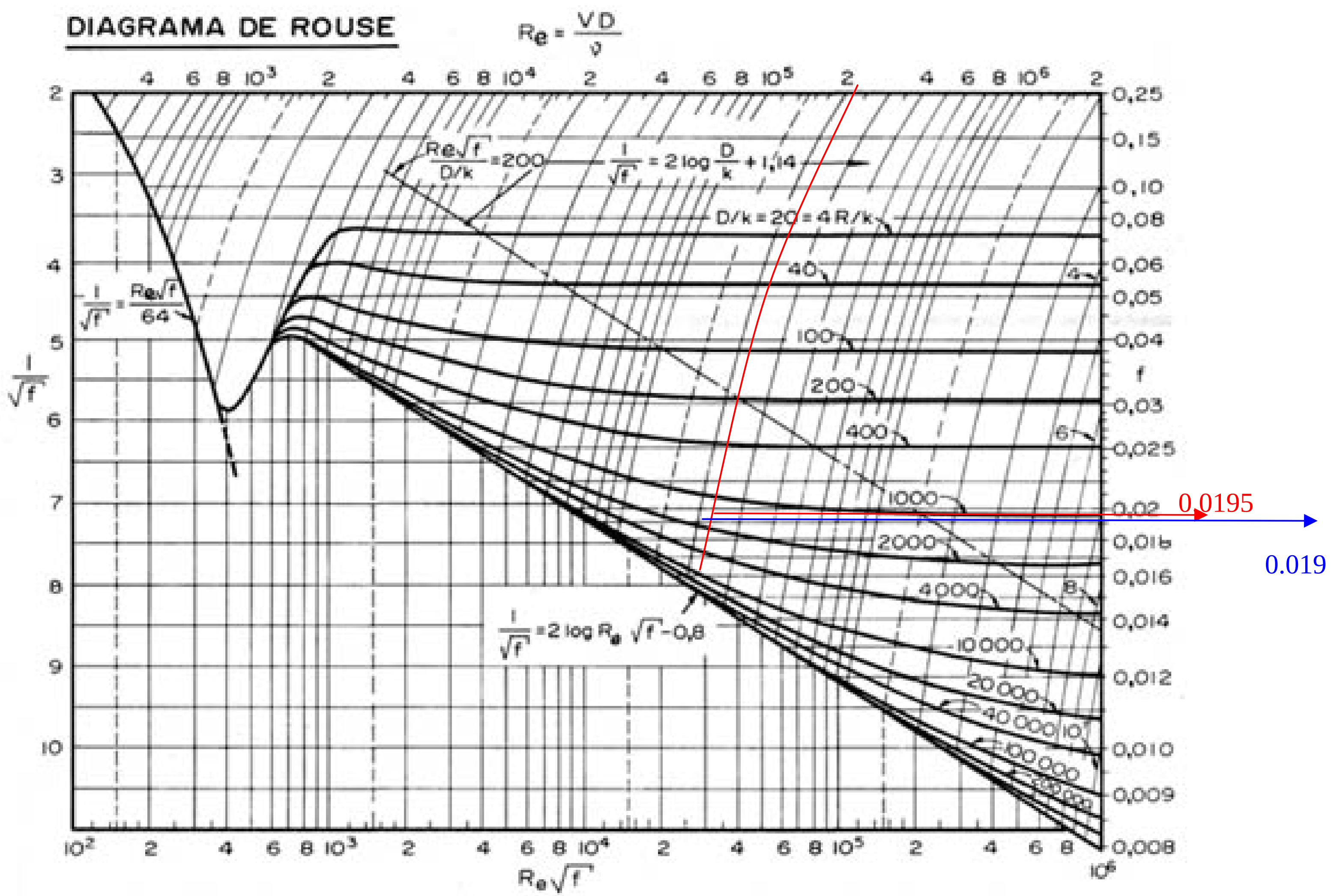


DIAGRAMA DE ROUSE
$R_e = \frac{VD}{\nu}$
$\frac{Re\sqrt{f}}{D/k} = 200$
$\frac{1}{\sqrt{f}} = 2 \log \frac{D}{k} + 1{,}14$
D/k = 20 = 4 R/k
$\frac{1}{\sqrt{f}} = \frac{Re\sqrt{f}}{64}$
$\frac{1}{\sqrt{f}} = 2 \log R_e \sqrt{f} - 0{,}8$
$\frac{1}{\sqrt{f}}$
f
$R_e\sqrt{f}$
0.0195
0.019

Adotando-se o PHR no eixo da bomba, tem-se que:

$$H_{inicial} = 2 + \frac{0,5 \times 10^4}{10^3} = 7m$$

$$H_{final} = 37 + \frac{Q^2}{2 \times 9,8 \times (30,9 \times 10^{-4})^2} = 37 + 5343,51Q^2$$

$$H_{p_T} = H_{p_{3''}} + H_{p_{2,5''}}$$

$$H_{p_{3''}} = f_{3''} \times \frac{(5+1,1)}{0,0779} \times \frac{Q^2}{2 \times 9,8 \times (47,7 \times 10^{-4})^2} \cong f_{3''} \times 175509,91Q^2 \rightarrow (0,25)$$

$$H_{p_{2,5''}} = f_{2,5''} \times \frac{(47+5,2+21+1,7+21+1,9)}{0,00627} \times \frac{Q^2}{2 \times 9,8 \times (30,9 \times 10^{-4})^2}$$

$$H_{p_{2,5''}} \cong f_{2,5''} \times 8334859,51Q^2 \rightarrow (0,25)$$

$$H_S = H_{final} - H_{inicial} + H_{p_{3''}} + H_{p_{2,5''}}$$

$$H_S = 37 + 5343,51Q^2 - 7 + f_{3''} \times 175509,91Q^2 + f_{2,5''} \times 8334859,51Q^2$$

$$H_S = 30 + 5343,51Q^2 + f_{3''} \times 175509,91Q^2 + f_{2,5''} \times 8334859,51Q^2$$

$\therefore$ o engenheiro está certo $\rightarrow$ (0,5)

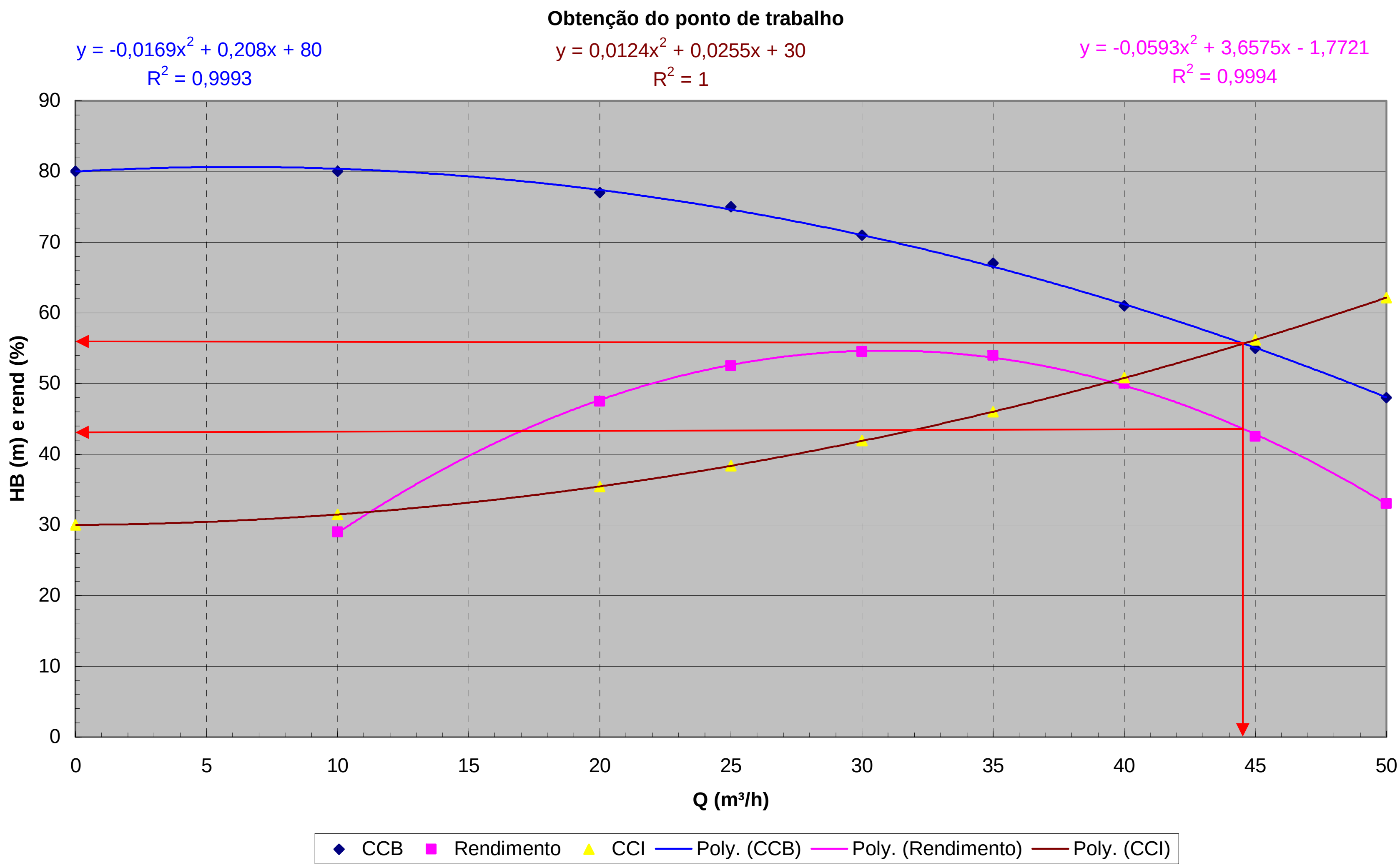
Se ele está certo, pode-se recorrer aos gráficos por ele fornecido, onde se determina o ponto de trabalho no cruzamento da CCI com a CCB, ou seja, obtém –se a vazão máxima do escoamento, supondo que a CCI foi obtida com a válvula controladora de vazão totalmente aberta.

a) A vazão pode ser obtida lendo diretamente o gráfico, vide gráfico na página 4, ou se igualando as equações, ou seja:

$$-0,0169Q^2 + 0,208Q + 80 = 0,0124Q^2 + 0,0255Q + 30$$

$$\therefore 0,0293Q^2 - 0,1825Q - 50 = 0 \rightarrow Q = \frac{0,1825 + \sqrt{(-0,1825)^2 + 4 \times 0,0293 \times 50}}{2 \times 0,0293}$$

$$\therefore Q = 44,5\frac{m^3}{h} \rightarrow \text{que é igual ao valor lido} \rightarrow (0,5)$$



Obtenção do ponto de trabalho
y = -0,0169x2 + 0,208x + 80
R2 = 0,9993
y = 0,0124x2 + 0,0255x + 30
R2 = 1
y = -0,0593x2 + 3,6575x - 1,7721
R2 = 0,9994
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
HB (m) e rend (%)
0
5
10
15
20
25
30
35
40
45
50
Q (m³/h)
CCB
Rendimento
CCI
Poly. (CCB)
Poly. (Rendimento)
Poly. (CCI)

b) $N_B = \dfrac{\gamma \times Q \times H_B}{\eta_B}$

$$H_B = 0{,}0124 \times 44{,}5^2 + 0{,}0255 \times 44{,}5 + 30 \cong 55{,}7\text{m} \approx 56\text{m}$$

$$\eta_B = -0{,}0593 \times 44{,}5^2 + 3{,}6575 \times 44{,}5 - 1{,}7721 \cong 43{,}6\% \approx 44\%$$

$$N_B = \frac{1000 \times (44{,}5/3600) \times 56}{0{,}44 \times 75} \cong 21\text{CV}$$

$$N_m = \frac{N_B}{0{,}9} = \frac{21}{0{,}9} \cong 23{,}34\text{CV}$$

Consultando os motores normalizados, tem - se que :

$$N_{m_{real}} = 25\text{CV} \rightarrow \eta_{m_{real}} = \frac{21}{25} \times 100 \cong 84\%$$

$$\text{Consumo}_{mensal} = \frac{25 \times 75 \times 9{,}8}{1000} \times 8 \times 26 \cong 3822 \frac{\text{Kwh}}{\text{mës}} \rightarrow (1{,}0)$$

2ª Questão:

$\text{NPSH}_{disponível} = Z_0 + \dfrac{p_{0_{abs}} - p_{vapor}}{\gamma} - H_{p_{antes_{da_{bomba}}}}$ → lembrando que o Z_0 deve ser obtido adotando - se o PHR no eixo da bomba e a $H_{p_{antes_{da_{bomba}}}}$ calculada com a vazão do ponto de trabalho

$$\therefore \text{NPSH}_{disponível} = -2 + \frac{-0{,}3 \times 10^4 + 700 \times 13{,}6 - 1800}{1000} - 0{,}026 \times \frac{(10 + 44{,}6)}{0{,}0525} \times \frac{\left(5{,}2/1000\right)^2}{2 \times 9{,}8 \times \left(21{,}7 \times 10^{-4}\right)^2}$$

$$\therefore \text{NPSH}_{disponível} = -5{,}2\text{m} \rightarrow (0{,}5)$$

Reserva contra a cavitação = –5,2 - 2.8 = –8m ∴ está cavitando → (0.5)

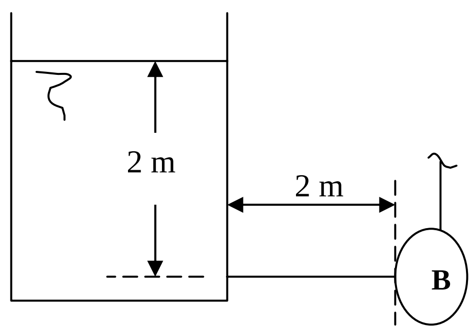
3ª Questão:

Existem várias possibilidades como por exemplo:

1. verificar o diâmetro e se possível aumentá-lo para diminuir a velocidade e a perda de carga, portanto é fundamental que se determine **os novos comprimentos equivalentes** caso seja adotada esta possibilidade;
2. diminuir o comprimento da tubulação antes da bomba;
3. diminuir a cota de entrada;
4. transferir a válvula globo antes da bomba para depois da bomba;
5. abrir o reservatório de captação; ...

Nesta solução é proposto:

1. abrir o reservatório de captação e transferir a válvula globo;
2. Alteração da tubulação antes da bomba como mostra o esquema a seguir:



3. mudar o diâmetro para 3", ou seja, $D_{int} = 77{,}9mm \cdot e \cdot A = 47{,}7cm^2$, portanto: $v = \dfrac{\left(\dfrac{5{,}2}{1000}\right)}{47{,}7 \times 10^{-4}} \cong 1{,}1\dfrac{m}{s}$, que é uma velocidade para o escoamento d'água bastante razoável. Importante notar que esta mudança propiciará uma mudança na somatória dos comprimentos equivalentes, ou seja: $\sum L_{eq_{antes_{da_{bomba}}}} = 1{,}3m$ e no coeficiente de perda de carga distribuída, já que: $Re = \dfrac{1{,}1 \times 0{,}0779}{10^{-6}} \cong 85690 \approx 8{,}6 \times 10^4$ e $\dfrac{D_H}{K} = \dfrac{0{,}0779}{0{,}000048} \cong 1623 \therefore f \cong 0{,}021$ (0,5)

$$NPSH_{disponível} = Z_0 + \frac{p_{0_{abs}} - p_{vapor}}{\gamma} - H_{p_{antes_{da_{bomba}}}}$$ $\rightarrow$ lembrando que o Z_0 deve ser obtido adotando - se o PHR no eixo da bomba e a $H_{p_{antes_{da_{bomba}}}}$ calculada com a vazão do ponto de trabalho

$$\therefore NPSH_{disponível} = 2 + \frac{700 \times 13{,}6 - 1800}{1000} - 0{,}021 \times \frac{(2 + 1{,}3)}{0{,}0779} \times \frac{\left(5{,}2/1000\right)^2}{2 \times 9{,}8 \times \left(47{,}7 \times 10^{-4}\right)^2}$$

$$\therefore NPSH_{disponível} \cong 9{,}6m \rightarrow (0{,}5)$$

Reserva contra a cavitação $= 9{,}6 - 2.8 = 6{,}8m \therefore$ não · está cavitando $\rightarrow (0.5)$

Importante: está questão pode ter inúmeras soluções, portanto a solução anterior é apenas uma das possibilidades.